

8. S. Filatov, I. Kurunov, Y. Gordon, A. Sadri, W. Ying. Careful Control of Refractory Lining Conditions Ensures Intensive Operation and Long Campaign of Blast Furnace. AISTech Proceedings, Pittsburgh, USA, 2016. Pp. 695–704.
9. A. Sadri, P. Gebiski, A. Rampersad a.o. Comparing the Accuracy of Acousto Ultrasonic-Echo (NDT), Finite Element Analysis (FEA), and Drilling When Obtaining a Blast Furnace Refractory Lining Wear Profile. Journal of Iron & Steel Technology, No.3, 2010. Pp. 1–12.
10. Продление кампании доменной печи при ее интенсивной работе / Филатов С.В., Курунов И.Ф., Гордон Я.М., Тихонов Д.Н., Грачев С.Н. // Металлург. 2016. №9. С. 17–22.
11. Careful Control of Refractory Lining Conditions at NTMK–EVRAZ Ensures Intensive Operation and Long Campaign of Titania Blast Furnace/ V. Kushnarev, K. Mironov, Y. Gordon, A. Sadri, W. Ying, S.A. Zagainov, AISTech 2017 Proceedings, Nashville, May 8 – May11, USA.
12. AU–E control of blast furnace refractory lining at NTMK–Evraz ensures intensive operation and prediction of the end of campaign of titania blast furnace / V. Kushnarev, K. Mironov, Y. Gordon, A. Sadri, W. Ying, S.A. Zagainov, ESTAD 2017 Proceedings, Vienna, June 26–29.
13. BOF processing of vanadium hot metal / L.A. Smirnov, Yu.A. Deriabin, S.K. Nosov. Ekaterinburg. Mid–Urals Publishing House. 528 pages, (2000).
14. Metallurgical treatment of vanadium containing titanium-magnetite / L.A. Smirnov, Yu. A. Deriabin and S.V. Shavrin. M., Metallurgy, 256 pages, (1990)
15. Smelting Low Silica Hot Metal at OAO NTMK / S.V. Filatov, A.A. Kirichkov, V.A. Mikhalev, S.A. Zagainov. Stal, 2010, No. 5, pp. 30–32. Steel in Translation, 2010, Vol. 40, No. 5, pp. 443–445. Allerton Press, Inc., 2010.
16. Manganese is an important element in processing of titania-magnetite ore in metallurgy / S.K. Nosov, L.I. Leontiev, V.I. Ilyin. Stal, 2003, №3, p.p. 14–18.
17. Careful control of refractory lining conditions ensures prolonged campaign of blast furnace / E.N. Vinogradov, M.M. Karimov, A.A. Dmitriev, A.N. Sokolov, Y.V. Kosenkov, Y. Gordon, A. Sadri, W. Ying, ECIC 2016 Proceedings, Linz, September 12–14. 2016. Pp. 255–264.

УДК 621.783

Г. М. Дружинин^{1,2}, А. А. Ашихмин¹, Н. Б. Лошкарев², П. В. Маслов¹, И. М. Хамматов¹

¹ ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники ВНИИМТ», г. Екатеринбург, Россия;

² ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПЕЧЕЙ-МИКСЕРОВ ДЛЯ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Аннотация

Разработаны, изготовлены и запущены в эксплуатацию автоматизированные горелочные устройства ГПМ-3,6 печей-миксеров шлака и штейна на медеплавильном заводе Алмалыкского горно-металлургического комбината (Республика Узбекистан). Назначение горелочных устройств – разогрев печей-миксеров до рабочих температур, 1250÷1275 °С и 1110÷1150 °С, соответственно, и поддержание температуры залитого в миксер расплава на заданном уровне при любых технологических операциях. Система автоматизации обеспечивает надежную и безопасную работу горелочных устройств, включая розжиг из холодного состояния, работу в заданных диапазонах температур через регулирование тепловой нагрузки и останов, в т.ч. по аварийным условиям. При этом в полном объеме происходит передача и обмен информацией с центральным контроллером АСУ печи Ванюкова посредством интерфейса Profibus DP. Разработанные горелочные устройства полностью соответствуют требованиям Технического регламента Таможенного Союза ТР

ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» и нормам и правилам металлургического производства».

Ключевые слова: печь-миксер, штейн, шлак, горелочное устройство, запальная горелка, природный газ, газовая рампа, воздушная рампа, температура расплава, система автоматики.

Abstract

Automated burner devices GPM–3,6 were developed, manufactured and put into operation in slag and matte holding furnaces at the copper-smelting plant of Almalyk Mining and Metallurgical Complex (Republic of Uzbekistan). The burner devices are designed for heating holding furnaces up to the operating temperatures of 1250–1275 °C and 1110–1150 °C respectively and maintaining the temperature of liquid melt poured in the mixer at the preset level at any technological operations. The automated system provides reliable and safe operation of the burner devices, including cold ignition, operation within the preset temperature ranges by regulation of heat loads and shutoffs, among other things in case of emergency. Simultaneously, full information is transferred and exchanged with the central controller of the Automated Control System of Vanyukov Furnace through Profibus DP. The developed burner devices fully comply with the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union TR TC 010/2011 On Safety of Machines and Equipment and with the norms and rules of metallurgical production.

Key words: holding furnace, matte, slag, burner device, ignition burner, natural gas, gas manifold, air manifold, melt temperature, automation system.

При плавке в печи Ванюкова [1–5] сульфидных медьсодержащих руд образуются жидкие продукты в виде шлака и штейна, которые по обогреваемым желобам поступают в специальные печи-миксеры для накопления. Из них периодически штейн при температуре 1110÷1150 °С выпускается в ошлакованные ковши, а шлак с температурой 1250÷1275 °С – в чаши железнодорожных шлаковозов.

Печь-миксер (рис. 1) представляет собой футерованную изнутри цилиндрическую емкость, закрытую с обеих сторон торцевыми днищами. В одно из них устанавливают горелочное устройство, а в другой находится заливочная горловина.

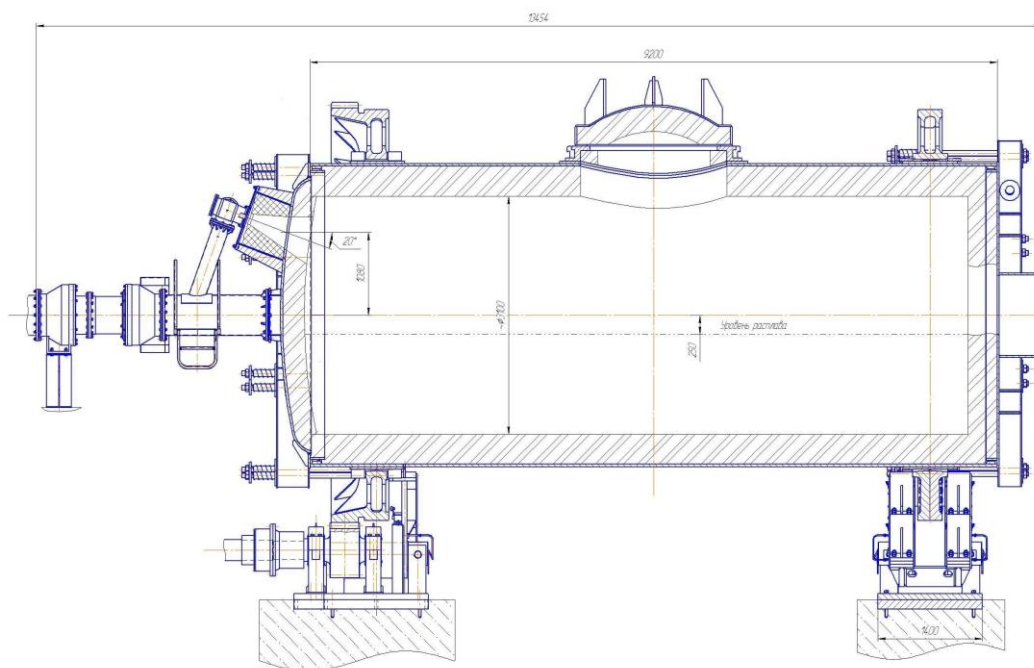


Рис. 1. Печь-миксер

В горловине расположен носик заливного желоба, по которому подается расплав шлака или штейна из печи Ванюкова. Кроме того, в корпусе имеется сливное отверстие, через

которое при повороте миксера по оси на угол 45–50° проходит выпуск расплава в соответствующие емкости.

Назначение горелочных устройств – разогрев печи-миксера до рабочих температур, обеспечивающих безопасную заливку расплавов шлака или штейна и поддержание температуры расплава на заданном уровне (шлака – 1250÷1275 °С, штейна – 1110÷1150 °С).

Согласно проекта на обоих миксерах должны быть установлены идентичные горелки для сжигания природного газа. Тепловая мощность горелок – до 3,6 МВт. Теплота сгорания газа $Q_H^P = 34,35$ МДж/м³, давление газа после ГРУ $P_T = 45$ кПа, давление воздуха после вентилятора $P_B = 25$ кПа. Диапазон регулирования мощности горелки – 0,8–3,6 МВт.

Горелочное устройство [6–9] должно иметь систему розжига и контроля факела, а также снабжено полнофункциональной автоматикой безопасности и регулирования с интерфейсом Profibus DP для связи и обмена командами с центральным процессором управления печи [10–12].

В соответствии с этими требованиями была разработана новая двухпроводная горелка ГПМ–3,6 (рис. 2). Технические характеристики приведены в таблице 1.

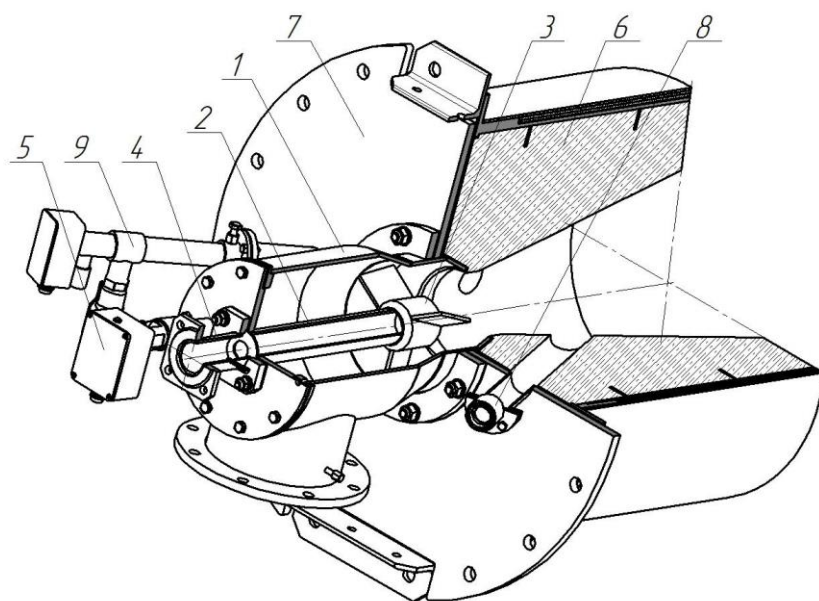


Рис. 2. Горелка ГПМ–3,6:

- 1 – корпус; 2 – труба газовая; 3 – газовое сопло; 4 – патрубок газовый подводящий;
5 – датчик контроля пламени; 6 – тоннель горелочный; 7 – плита монтажная;
8 – гляделка; 9 – горелка запальная

Таблица 1

Технические характеристики горелки ГПМ–3,6

Наименование параметра	Размерность	Величина
Тепловая мощность номинальная	МВт	3,6
Номинальный расход газа	м ³ /ч	360
Номинальные давления перед горелкой:		
– газа;	кПа	10
– воздуха	кПа	10
Коэффициент избытка воздуха номинальный	–	1,1
Коэффициент рабочего регулирования	–	5
Масса горелки	кг	48

Габаритные размеры горелки	мм	626×315×380
----------------------------	----	-------------

Горелка ГПМ–3,6 относится к классу горелок с принудительной подачей воздуха и неполным предварительным смешением по ГОСТ 21204–97 [9] и конструктивно состоит из следующих основных частей (рис. 2):

- цилиндрический корпус 1 с радиальным воздушным патрубком;
- газовая труба 2 с резьбовым концом и фланцем крепления к корпусу 1;
- газовое сопло 3 с центрирующими лопатками, которое навинчивается на резьбовой конец газовой трубы 2;
- подводящий газовый патрубок 4, который крепится к фланцу газовой трубы 2 с наружной стороны;
- оптический датчик 5 контроля пламени основной горелки 5.

В состоянии поставки горелка комплектуется огнеупорным горелочным тоннелем 6 и монтажной плитой 7 для её установки и крепления непосредственно на цилиндрическом патрубке днища печи-миксера. На монтажной плите также имеются закрытый кварцевым стеклом патрубок – гляделка 8 для визуального контроля пламени горелки и патрубок, в который установлена инжекционная запальная горелка 9.

Горелка работает следующим образом. Газ от газовой рампы через подводящий патрубок 4 поступает по газовой трубе 2 к соплу 3, истекает через систему газораздающих отверстий сопла и, перемешиваясь с потоком воздуха непосредственно в корпусе 1 на выходе из горелки, поступает в горелочный тоннель 6.

Воспламенение частично перемешанной газозвоздушной смеси в тоннеле осуществляется от факела запальной инжекционной горелки 9 с собственным ионизационным датчиком контроля пламени. Из-за недостаточно полного перемешивания газа и воздуха в горелке и далее, в плавно расширяющемся газовом тоннеле, горение газа происходит в режиме длинного растянутого факела. На этапе розжига горелки из холодного состояния и до выхода на режим устойчивого горения, во избежание отрыва пламени, запальная горелка работает постоянно в режиме запально-защитного устройства. После разогрева стенок тоннеля и стабилизации факела основной горелки, запальная горелка отключается.

Для газоснабжения горелочного устройства ГПМ–3,6 была спроектирована газовая рампа, представляющая собой готовый компактный участок газопровода, с установленной на нем всей необходимой газовой арматурой для работы основного и запального горелочных устройств, как в ручном режиме управления, так и в автоматическом (с местного или центрального пультов управления) по величине задаваемой тепловой нагрузки. Газовая рампа (рис. 3) выполнена на 3-х опорных стойках и является готовой сборочной единицей, предназначенной для установки на рабочей площадке вблизи печи – миксера.

В составе рампы предусмотрена отдельная ветка газопровода для подсоединения запальной горелки (Ду15), свеча безопасности (Ду20), продувочная свеча (Ду20).

Оборудование газовой рампы горелочного устройства обеспечивает:

- безопасную эксплуатацию горелочного устройства;
- плавное регулирование расхода газа в диапазоне 80–360 м³/ч;
- технологический учет расхода газа на горелочное устройство;
- редуцирование давления газа до параметров, необходимых для работы горелочного устройства.

Соединение горелочного устройства с газопроводами газовой рампы выполнено с помощью подвижных металлорукавов (Ду 65, длина 4600 мм – на основную горелку и Ду 16, длина 4800 мм – на запальную горелку). Компоновка металлорукавов исключает их скручивание и перегиб сверх допустимых значений в процессе поворота печей-миксеров для слива расплавов шлака или штейна (рис. 4).

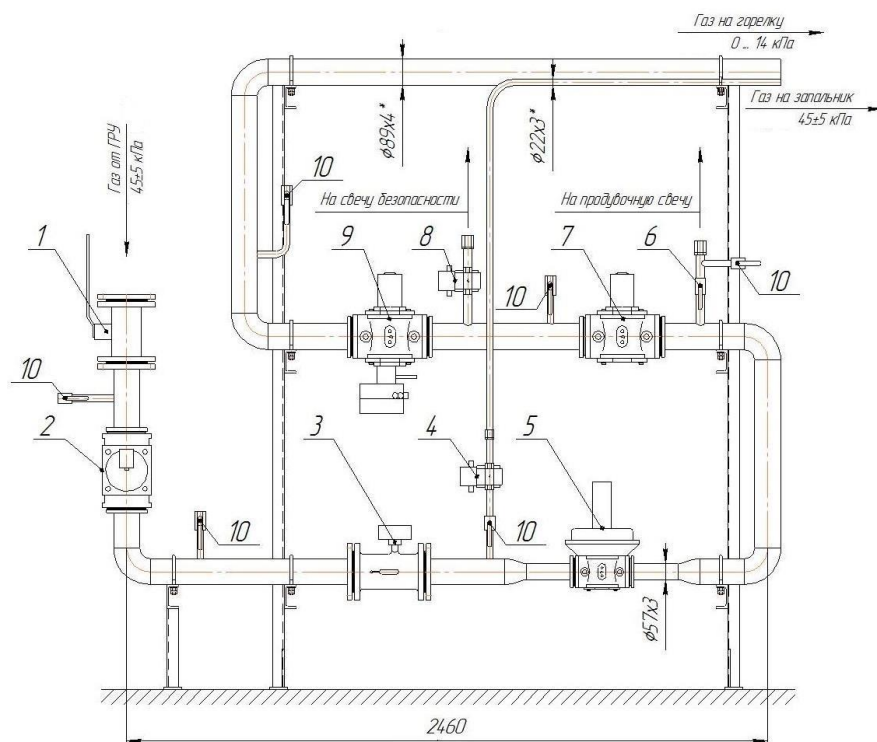


Рис. 3. Рампа газовая:

- 1 – кран шаровый Ду 80; 2 – фильтр газовый ФНЗ-1; 3 – счетчик газа СТГ-80-400;
 4 – электромагнитный клапан ВН1/2Н-4; 5 – регулятор-стабилизатор давления РС2-0,5-140-200; 6 – кран шаровый Ду 20; 7 – электромагнитный клапан ВНЗН-1;
 8 – нормально-открытый электромагнитный клапан ВФЗ/4Н-4; 9 – электромагнитный клапан с электромеханическим регулятором расхода ВНЗМ-1К; 10 – кран шаровый Ду 15

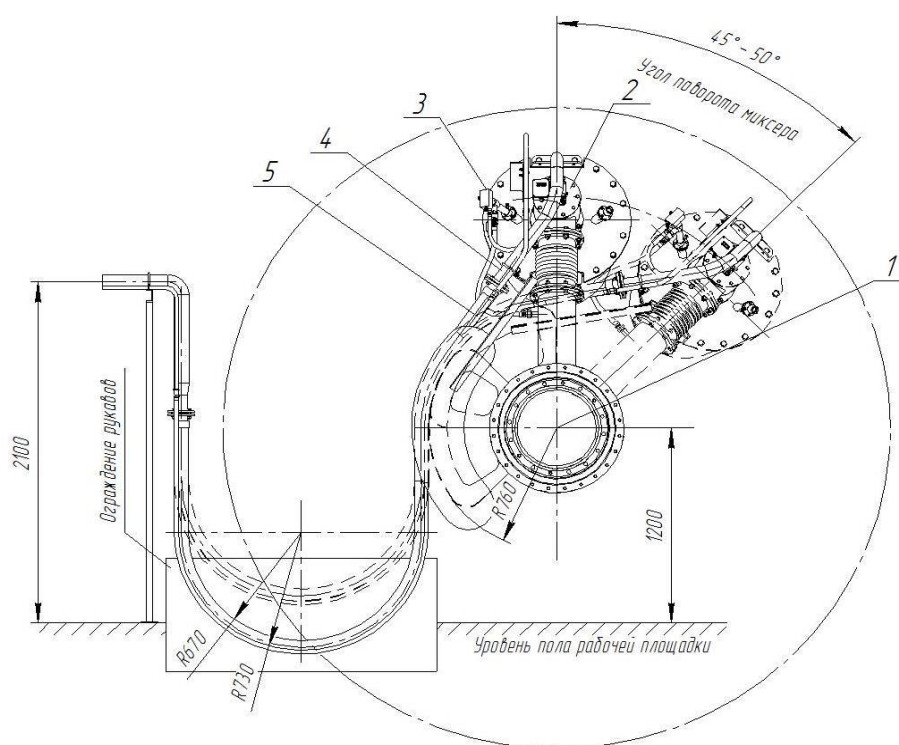
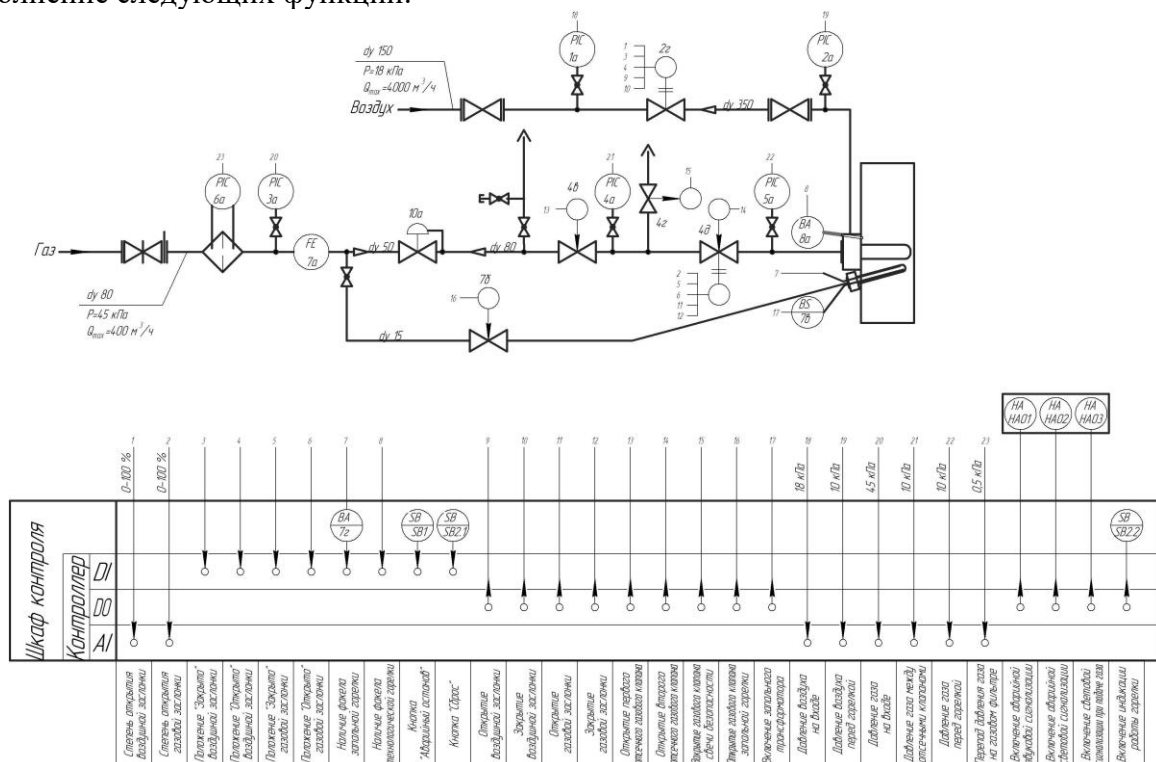


Рис. 4. Подводы газа и воздуха к основной и запальной горелкам:

- 1 – подвижный воздухопровод печи-миксера; 2 – основная горелка печи;
 3 – запальная горелка; 4 – подводящий газопровод основной горелки;
 5 – подводящий газопровод запальной горелки

Для воздухообеспечения горелочного устройств была спроектирована и изготовлена воздушная рампа, представляющая собой компактный участок воздухопровода с установленной на нем необходимой арматурой – дисковым поворотным затвором Ду150 на подводе воздуха, заслонкой регулирующей ЗР-6 (Ду150) для плавного регулирования расхода воздуха на горелочное устройство ГПМ-3,6 в диапазоне от 800 до 3600 м³/ч и шаровыми кранами Ду15 для подключения датчиков давления. На выходе воздухопровод имеет плавное расширение с Ду150 до Ду350 для обеспечения стыковки с узлом поворотного воздухопровода горелки, входящим в состав печи-миксера. Рампа воздушная размещена на трех опорных стойках и представляет собой готовую сборочную единицу для быстрого монтажа на рабочей площадке вблизи печи-миксера.

Система управления горелочными устройствами предназначена для управления работой технологическими горелками печей-миксеров в ручном или автоматическом режиме. Функциональная схема системы управления приведена на рис. 5. Система обеспечивает выполнение следующих функций:



Система управления строится на базе контроллера S7-1200 (Siemens), отображение текущих технологических параметров и оперативное управление производится с панели оператора Basic Panel KTP400 Basic 4,3" шкафа контроля, визуализации параметров автоматики безопасности обеспечен также на АРМ технолога всего комплекса печи Ванюкова в помещении КИП.

Программа управления может находиться в четырех состояниях: ожидание розжига, розжиг, рабочий режим и аварийное отключение. После подачи напряжения на контроллер, программа находится в состоянии ожидания розжига. При нажатии кнопки «Пуск» начинается процедура розжига, если розжиг прошел успешно, то программа переходит в рабочий режим. В любой момент при розжиге или в рабочем режиме при выходе технологических параметров из диапазонов автоматики безопасности, или при нажатии оператором кнопки «Аварийный останов» на лицевой панели шкафа контроля программа переходит в аварийное состояние. При этом на экране визуализации появляется сообщение о причине аварийного останова, включается световая и звуковая сигнализация. После планового отключения горелочного устройства (при нажатии кнопки «Стоп» или от команды центрального контроллера АСУ печи Ванюкова) программа переходит в состояние ожидания розжига.

В соответствии с разработанной рабочей документацией было изготовлено два комплекта горелочных устройств в составе собственно горелок ГПМ-3,6 и горелочных тоннелей, которые были укомплектованы датчиками контроля пламени ФДС-03-220 и инжекционными газовыми запальниками ЗСУ-ПИ-38-70.

Кроме того, были изготовлены газовые и воздушные рампы, специальные монтажные приспособления для установки горелочных тоннелей и самих горелок на печи-миксеры.

Одна из горелок была подвергнута испытаниям на огневом стенде с целью подтверждения соответствия требованиям технического регламента Таможенного Союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [13]. По результатам испытаний было установлено, что горелка ГПМ-3,6 обеспечивает полное сгорание природного газа и соответствует требованиям ТР ТС 010/2011. На горелку оформлена Декларация соответствия, паспорт и руководство по эксплуатации.

Горелочные устройства, тоннели, газовые и воздушные рампы, а также оборудование системы автоматизации управления работой горелок были смонтированы на печах-миксерах и проведены пусконаладочные работы. Кроме проверки и подтверждения работоспособности отдельных элементов всей системы отопления миксеров, была проведена тарировка датчиков давления и расходомеров воздуха с помощью пневмометрической трубки ВТИ и дифманометра Testo510. Подтверждена адекватность измерения расхода воздуха установленными диафрагмами. Проведена проверка розжига запальных горелок в ручном и автоматическом режимах, определено оптимальное положение запальника в горелочном тоннеле. Установлено, что запальник надежно охлаждается при работе основной горелки предусмотренным специальным отбором воздуха и при этом не проявляются какие-либо негативные явления в факеле основной горелки.

Было выполнено программирование контроллеров, реализующее все намеченные алгоритмы управления работой горелочных устройств, и произведена отладка всей программы. Так же был проверен и отлажен взаимный командообмен контроллеров с центральным процессором АСУ печи Ванюкова для удаленного управления горелочными устройствами печей-миксеров в соответствии с программой работы плавильной печи.

При достижении температуры футеровки миксера 600 °С во время сушки и разогрева, дальнейший подъем температуры осуществлялся горелками ГПМ-3,6. На этих режимах была проверена и подтверждена возможность регулирования тепловой мощности горелок в ручном и автоматическом вариантах, зафиксированы необходимые параметры топлива и воздуха на запальных и основных горелках, составлена режимная карта работы.

Выводы. Разработанная система отопления печей-миксеров полностью удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям и обеспечивает безопасную и стабильную работу агрегатов в автоматическом режиме в соответствии с технологическим режимом работы плавильной печи.

Список использованных источников

1. Ванюков А.В. Перспективы развития плавки в жидкой ванне различного сырья //Цветные металлы. 1985. № 9. С. 7–12.
2. Плавка в жидкой ванне / Ванюков А.В. и др. Под ред. А.В. Ванюкова. –М.: Металлургия, 1988. 260 с.
3. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья: Учебник для вузов / Под ред. А.В. Ванюкова. – Челябинск: Металлургия, 1988. 432 с.
4. Кривандин В.А. Теплотехника металлургического производства. Т. 2. Конструкция и работа печей: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.А. Кривандина. –М.: МИСИС, 2001. 736 с.
5. Процессы и аппараты цветной металлургии: Учебник для вузов /Набойченко С.С. и др. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ. 2005. 700 с.
6. Гусовский В.Л., Лившиц А.Е., Тымчак В.М. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей. Справочник. –М.: Металлургия, 1981. 272 с.
7. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики). Справочное издание /Винтовкин А.А. и др. –М.: Машиностроение–1, 2001. 496 с.
8. Корнеев С.В. Особенности выбора горелочных устройств для нагревательных печей машиностроительного и металлургического производств //Литье и металлургия. 2010. №3 (57). С. 162–168.
9. ГОСТ 21204–97. Горелки газовые промышленные. Классификация. Общие технические требования, маркировка и хранение.
10. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. –М.: Наука, 2006. 410 с.
11. Костин Е.В. Алгоритмическое обеспечение управления качеством продуктов плавки в печах Ванюкова //Вестник СибГАУ. 2013 №2 (48). С. 192–198.
12. Britz H., Kneip M., Roppenhager J. Новая концепция автоматизации для нагревательных печей, работающих на газе. /Stahl und Eisen. 1988. №108. С. 655–666.
13. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».

УДК 662.957.8

Дружинин Г.М.^{1,2}, Лошкарёв Н.Б.², Лошкарёв А.Н.², Мухамадиева А.Х.², Муксинов Д.Ф.²

¹ ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники ВНИИМТ», г. Екатеринбург, Россия;

² ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА ТЕПЛООБМЕННОГО БЛОКА ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ ГОРЕЛКИ

Аннотация

Современные регенеративные горелки нагревательных и термических печей имеют достаточно большие размеры и малое время перекидки, что связано с низкой теплоемкостью огнеупорных материалов, применяемых для изготовления насадки. Большие габариты регенеративных горелок затрудняют их применение на нагревательных и термических печах, а малое время перекидок приводит к снижению срока эксплуатации перекидных клапанов. Существенно уменьшить размеры насадки и увеличить при этом время перекидки позволяет использование скрытой теплоты плавления металлов, которая на порядок выше